
Verfahren zur Bearbeitung von Gelenkbauteilen mit zueinander parallelen
Bahnpaaren

Patentansprüche

1. Verfahren zur mechanischen Bearbeitung von Gelenkaußenteilen (11) und Gelenkinnenteilen (21) von Kugelgleichlaufdrehgelenken, die jeweils eine Längsachse (Aa, Ai) und eine Anzahl von Kugelbahnen (12, 22) aufweisen, wobei die Kugelbahnen jeweils über dem Umfang in Paaren (12₁, 12₂, 22₁, 22₂) angeordnet sind, deren Bahnmittellinien in zueinander parallelen Ebenen (E₁, E₂, E₃, E₄) liegen,

dadurch gekennzeichnet,

daß jeweils die Paare von Kugelbahnen (12, 22) mit rotierenden Scheibenwerkzeugen (16, 26) bearbeitet werden, deren Drehachsen (R) die jeweilige Längsachse (Aa, Ai) senkrecht mit Abstand kreuzen und coaxial zueinander gehalten und geführt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Gelenkaußenteile (11) bzw. die Gelenkinnenteile (21) während der mechanischen Bearbeitung linear in Richtung ihrer jeweiligen Längsachse (Aa, Ai) geführt werden und daß die Drehachsen (R) der Scheibenwerkzeuge (16,

26) während der mechanischen Bearbeitung synchron in linearer oder schwenkender Bewegung radial zu der jeweiligen Längsachse (Aa, Ai) geführt werden.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß jeweils zumindest zwei Paare von Kugelbahnen (12_1 , 12_2 , 12_3 , 12_4) – insbesondere radial einander gegenüberliegende Paaren von Kugelbahnen – gleichzeitig bearbeitet werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Scheibenwerkzeuge (16, 26) paarweise drehzahlgleich angetrieben werden.

5. Verfahren zur mechanischen Bearbeitung von Gelenkaußenteilen (11) und Gelenkinnenteilen (21) von Kugelgleichlaufdrehgelenken, die jeweils eine Längsachse (Aa, Ai) und eine Anzahl von Kugelbahnen (12, 22) aufweisen, wobei die Kugelbahnen jeweils über dem Umfang in Paaren (12_1 , 12_2 , 22_1 , 22_2) angeordnet sind, deren Bahnmittellinien in zueinander parallelen Ebenen (E_1 , E_2 , E_3 , E_4) liegen,

dadurch gekennzeichnet,

daß jeweils die Paare von Kugelbahnen (12_1 , 12_2 , 22_1 , 22_2) von rotierenden Fingerwerkzeugen (36_1 , 36_2) bearbeitet werden, deren Drehachsen (R) die jeweilige Längsachse (Aa, Ai) paarweise symmetrisch zueinander mit Abstand kreuzen und deren Drehachsen (R) paarweise parallel zueinander gehalten und geführt werden.

6. Verfahren zur mechanischen Bearbeitung von Gelenkaußenteilen (11) und Gelenkinnenteilen (21) von Kugelgleichlaufdrehgelenken, die jeweils eine Längsachse (Aa, Ai) und eine Anzahl von Kugelbahnen (12, 22) aufweisen, wobei die Kugelbahnen jeweils über dem Umfang in Paaren (12₁, 12₂, 22₁, 22₂) angeordnet sind, deren Bahnmittellinien in zueinander parallelen Ebenen (E₁, E₂, E₃, E₄) liegen,

dadurch gekennzeichnet,

daß jeweils die Paare der Kugelbahnen (12₁, 12₂, 22₁, 22₂) von rotierenden Fingerwerkzeugen (36, 46) bearbeitet werden, deren Drehachsen (R) die jeweilige Längsachse (Aa, Ai) paarweise symmetrisch zueinander mit Abstand kreuzen und deren Drehachsen (R) paarweise unter einem konstanten Winkel zueinander gehalten und geführt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Gelenkaußenteile (11) bzw. Gelenkinnenteile (12) während der mechanischen Bearbeitung linear in Richtung ihrer jeweiligen Längsachse (Aa, Ai) geführt werden und daß die Drehachsen (R) der Fingerwerkzeuge (36, 46) während der mechanischen Bearbeitung in synchroner und zueinander winkelonstanter Bewegung so geführt werden, daß eine zwischen den Drehachsen (R) liegende Symmetrieachse (Rs) in linearer und/oder schwenkender Bewegung radial zu der jeweiligen Längsachse (Aa, Ai) geführt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7,

dadurch gekennzeichnet,

daß jeweils zumindest zwei Paare von Kugelbahnen – insbesondere radial einander gegenüberliegende Paare von Kugelbahnen (12₁, 12₂, 12₃, 12₄) eines

Gelenkinnenteils (11) – gleichzeitig bearbeitet werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8,

dadurch gekennzeichnet,

daß die rotierenden Fingerwerkzeuge (36, 46) paarweise drehzahlgleich angetrieben werden.

10. Vorrichtung zur mechanischen Bearbeitung von Gelenkaußenteilen (11) und Gelenkinnenteilen (21) von Kugelgleichlaufdrehgelenken, die jeweils eine Längsachse (Aa, Ai) und eine Anzahl von Kugelbahnen (12, 22) aufweisen, wobei die Kugelbahnen jeweils über dem Umfang in Paaren (12₁, 12₂, 22₁, 22₂) angeordnet sind, deren Bahnmittellinien in zueinander parallelen Ebenen (E₁, E₂, E₃, E₄) liegen,

dadurch gekennzeichnet,

daß sie eine Aufspannung für ein Gelenkaußenteil (11) oder ein Gelenkinnenteil (21) aufweist sowie zumindest zwei Scheibenwerkzeuge (16, 26), deren Drehachsen (R) zueinander koaxial sind und die die jeweilige Längsachse (Aa, Ai) des Gelenkaußenteils oder Gelenkinnenteils senkrecht mit Abstand kreuzen.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Aufspannung eine Vorschubeinrichtung zum axialen Vorschub in Richtung der jeweiligen Längsachse (Aa, Ai) aufweist und die Antriebsvorrichtung für die Scheibenwerkzeuge (16, 26) ausschließlich eine Vorschubvorrichtung für einen Vorschub der Scheibenwerkzeuge radial zur jeweiligen Längsachse (Aa, Ai) aufweist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Aufspannung eine Vorschubeinrichtung zum axialen Vorschub in Richtung der jeweiligen Längsachse (Aa, Ai) aufweist und die Antriebsvorrichtung für die Scheibenwerkzeuge (16, 26) ausschließlich eine Schwenkvorrichtung zum Schwenken der Scheibenwerkzeuge (16, 26) um eine die jeweilige Längsachse (Aa, Ai) kreuzende Schwenkachse aufweist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12,

dadurch gekennzeichnet,

daß die zumindest zwei Scheibenwerkzeuge (16₁, 16₂, 26₁, 26₂) einen gemeinsamen Drehantrieb aufweisen.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13,

dadurch gekennzeichnet,

daß die zumindest zwei Scheibenwerkzeuge (16₁, 16₂, 26₁, 26₂) einstückig miteinander ausgeführt sind.

15. Vorrichtung zur mechanischen Bearbeitung von Gelenkaußenteilen (11) und Gelenkinnenteilen (21) von Kugelgleichlaufdrehgelenken, die jeweils eine Längsachse (Aa, Ai) und eine Anzahl von Kugelbahnen (12, 22) aufweisen, wobei die Kugelbahnen jeweils über dem Umfang in Paaren (12₁, 12₂, 22₁, 22₂) angeordnet sind, deren Bahnmittellinien in zueinander parallelen Ebenen (E₁, E₂, E₃, E₄) liegen,

dadurch gekennzeichnet,

daß sie eine Aufspannung für ein Gelenkaußenteil (11) oder ein Gelenkinnenteil (21) aufweist sowie zumindest zwei rotierende Fingerwerkzeuge (36), deren Drehachsen (R) parallel zueinander sind und die jeweilige Längsachse (Aa, Ai) paarweise symmetrisch zueinander mit Abstand kreuzen.

16. Vorrichtung zur mechanischen Bearbeitung von Gelenkaußenteilen (11) und Gelenkinnenteilen (21) von Kugelgleichlaufdrehgelenken, die jeweils eine Längsachse (Aa, Ai) und eine Anzahl von Kugelbahnen (12, 22) aufweisen, wobei die Kugelbahnen jeweils über dem Umfang in Paaren (12₁, 12₂, 22₁, 22₂) angeordnet sind, deren Bahnmittellinien in zueinander parallelen Ebenen (E₁, E₂, E₃, E₄) liegen,

dadurch gekennzeichnet,

daß sie eine Aufspannung für ein Gelenkaußenteil (11) oder ein Gelenkinnenteil (21) aufweist sowie zumindest zwei rotierende Fingerwerkzeuge (46), deren Drehachsen (R) miteinander einen festen Winkel bilden und die jeweilige Längsachse (Aa, Ai) paarweise symmetrisch zueinander mit Abstand kreuzen.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 oder 16,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Aufspannung eine Vorschubeinrichtung zum axialen Vorschub in Richtung der jeweiligen Längsachse (Aa, Ai) aufweist und die Antriebsvorrichtung für die Fingerwerkzeuge (36, 46) ausschließlich eine Vorschubvorrichtung für einen Vorschub der Fingerwerkzeuge radial zur jeweiligen Längsachse (Aa, Ai) aufweist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 oder 16,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Aufspannung eine Vorschubeinrichtung zum axialen Vorschub in Richtung der jeweiligen Längsachse (Aa, Ai) aufweist und die Antriebsvorrichtung für die Fingerwerkzeuge (36, 46) ausschließlich eine Schwenkvorrichtung zum Schwenken der Fingerwerkzeuge (36, 46) um eine die jeweilige Längsachse (Aa, Ai) kreuzende Schwenkachse aufweist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 18,

dadurch gekennzeichnet,

daß die zumindest zwei Fingerwerkzeuge (36₁, 36₂, 46₁, 46₂) einen gemeinsamen Drehantrieb aufweisen.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 19,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Drehantrieb der Fingerwerkzeuge ein angetriebenes Stirnrad oder Kegelrad umfaßt, das mit Stirnrädern an den Fingerwerkzeugen im Eingriff ist.

Verfahren zur Bearbeitung von Gelenkbauteilen mit zueinander parallelen
Bahnpaaren

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur mechanischen Bearbeitung von Gelenkaußenteilen und Gelenkinnenteilen von Kugelgleichlaufdrehgelenken, die jeweils eine
5 Längsachse und eine geradzahlige Anzahl von Kugelbahnen aufweisen, wobei die Kugelbahnen jeweils über dem Umfang in Paaren angeordnet sind, deren Bahnmittellinien in zueinander parallelen Ebenen liegen. Die Erfindung betrifft weiterhin Vorrichtungen zur Durchführung solcher Verfahren.

10 Die eingangs genannten Gelenkbauteile sind für Kugelgleichlaufdrehgelenke vorgesehen, die von der Anmelderin unter Bezeichnung TBJ (Twin Ball Joints) hergestellt werden und in der DE 10 2004 018 721.5 beschrieben sind. In grundsätzlich bekannter Art umfassen auch diese Kugelgleichlaufdrehgelenke ein Gelenkaußenteil mit in einer inneren Führungsfläche für ein Kugelkäfig liegenden ersten Kugelbahn; ein Gelenkinnenteil mit auf einer äußeren Führungsfläche für den Kugelkäfig ausgebildeten
15 zweiten Kugelbahn, in jeweils Paare aus ersten und zweiten Kugelbahnen eingesetzte Kugeln sowie einen Kugelkäfig, der die Kugeln in einer gemeinsamen Ebene hält. Hierbei sind zur Aufnahme der Kugeln im Kugelkäfig einzelne Fenster vorgesehen.

20 Bei den hier genannten TBJ-Gelenken sind sowohl die ersten Kugelbahnen im Gelenkaußenteil als auch die zweiten Kugelbahnen im Gelenkinnenteil ihrerseits wieder paarweise angeordnet, wobei Paare dieser weiteren Art so ausgeführt sind, daß sie jeweils in parallelen Ebenen liegende Bahnmittelebenen haben. Auf diese Weise ist es möglich, jeweils zwei in solchen Paaren geführte Kugeln, deren Umfangsabstand
25 sich über der gesamten Bahnlänge zueinander nicht verändert, in einem einzelnen

gemeinsamen Fenster zu halten, d. h. die Anzahl der Käfigfenster im Verhältnis zu den Kugelbahnen zu halbieren.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, verbesserte Fertigungsverfahren für die Bearbeitung der Kugelbahnen der eingangs genannten Gelenkbauteile (Gelenkaußenteil, Gelenkinnenteil) von TBJ-Gelenken vorzuschlagen und hierfür auch geeignete Vorrichtung zur Durchführung solcher Bearbeitungsverfahren zu definieren.

Eine erste Lösung liegt in einem Verfahren zur mechanischen Bearbeitung von Gelenkaußenteilen und Gelenkinnenteilen von Kugelgleichlaufdrehgelenken, die jeweils eine Längsachse Aa, Ai und eine Anzahl von Kugelbahnen aufweisen, wobei die Kugelbahnen jeweils über dem Umfang in Paaren angeordnet sind, deren Bahnmittellinien in zueinander parallelen Ebenen E₁, E₂, E₃, E₄ liegen, wobei jeweils die Paare von Kugelbahnen mit rotierenden Scheibenwerkzeugen bearbeitet werden, deren Drehachsen R die jeweilige Längsachse Aa, Ai senkrecht mit Abstand kreuzen und koaxial zueinander gehalten und geführt werden. Es ist nachvollziehbar, daß mit dem hiermit angegebenen Verfahren die Bearbeitungszeiten gegenüber bisherigen Verfahren, bei denen jede Kugelbahn einzeln überarbeitet werden mußte, reduziert werden kann, da sich die Anzahl der Umspannvorgänge ebenso wie der Bearbeitungsvorgänge halbiert.

In besonders günstiger Weise ist vorgesehen, daß die Gelenkaußenteile bzw. die Gelenkinnenteile während der mechanischen Bearbeitung linear in Richtung ihrer jeweiligen Längsachse Aa, Ai geführt werden und daß die Drehachsen R der Scheibenwerkzeuge 16, 26 während der mechanischen Bearbeitung synchron in linearer oder schwenkender Bewegung radial zu der jeweiligen Längsachse Aa, Ai geführt werden. Hiermit werden die Bewegungsabläufe wesentlich vereinfacht, so daß später auch einfach aufgebaute Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens bereitgestellt werden können.

Es wird weiterhin vorgesehen, daß jeweils zumindest zwei Paare von Kugelbahnen – insbesondere radial einander gegenüberliegende Paare von Kugelbahnen –

gleichzeitig bearbeitet werden. Die Zahl der Umspannvorgänge ebenso wie der Bearbeitungsvorgänge läßt sich hiermit nochmals reduzieren. Die hiermit angegebene Verfahrensführung bezieht sich auf Gelenkbauteile für Gelenke mit vier, sechs oder acht Bahnpaaren.

5

Ebenso im Hinblick auf eine vereinfachte Ausführung der einzusetzenden Vorrichtung wird vorgeschlagen, daß die Scheibenwerkzeuge paarweise drehzahlgleich angetrieben werden.

10

Eine zweite Lösung besteht in einem Verfahren zur mechanischen Bearbeitung von Gelenkaußenteilen und Gelenkinnenteilen von Kugelgleichlaufdrehgelenken, die jeweils eine Längsachse A_a , A_i und eine Anzahl von Kugelbahnen aufweisen, wobei die Kugelbahnen jeweils über dem Umfang in Paaren angeordnet sind, deren Bahnmittellinien in zueinander parallelen Ebenen E_1 , E_2 , E_3 , E_4 liegen, wobei jeweils die

15

Paare von Kugelbahnen von rotierenden Fingerwerkzeugen bearbeitet werden, deren Drehachsen R die jeweilige Längsachse A_a , A_i paarweise symmetrisch zueinander mit Abstand kreuzen und deren Drehachsen R paarweise parallel zueinander gehalten und geführt werden. Eine dritte von der zweiten unwesentlich abweichende Lösung besteht in einem Verfahren zur mechanischen Bearbeitung von Gelenkaußenteilen und Gelenkinnenteilen von Kugelgleichlaufdrehgelenken, die jeweils eine

20

Längsachse A_a , A_i und eine Anzahl von Kugelbahnen aufweisen, wobei die Kugelbahnen jeweils über dem Umfang in Paaren angeordnet sind, deren Bahnmittellinien in zueinander parallelen Ebenen E_1 , E_2 , E_3 , E_4 liegen, wobei jeweils die Paare der Kugelbahnen von rotierenden Fingerwerkzeugen bearbeitet werden, deren Drehachsen R die jeweilige Längsachse A_a , A_i paarweise symmetrisch zueinander mit Abstand kreuzen und deren Drehachsen R paarweise unter einem konstanten Winkel zueinander gehalten und geführt werden. Sowohl bei den Scheibenwerkzeugen als auch bei den Fingerwerkzeugen wird der Bahnquerschnitt durch das Werkzeugprofil in einem Schnitt durch die Drehachse definiert. Während die Drehachse bei Scheibenwerkzeugen mit Abstand und quer zum Bahnlängsverlauf ausgerichtet ist, wird

25

die Drehachse bei Fingerwerkzeugen im wesentlichen senkrecht auf den Bahngrund gerichtet ausgerichtet. Bei Scheibenwerkzeugen werden somit beide Bahnflanken mit gleicher Schnittrichtung bearbeitet, während bei Fingerwerkzeugen die beiden

30

bei Fingerwerkzeugen im wesentlichen senkrecht auf den Bahngrund gerichtet ausgerichtet. Bei Scheibenwerkzeugen werden somit beide Bahnflanken mit gleicher Schnittrichtung bearbeitet, während bei Fingerwerkzeugen die beiden

Bahnflanken mit entgegengesetzter Schnittrichtung bearbeitet werden.

In Analogie zum erstgenannten Verfahren wird auch bei den weiteren auf Fingerwerkzeuge bezogenen Verfahren vorgeschlagen, daß die Gelenkaußenteile bzw. Gelenkinnenteile während der mechanischen Bearbeitung linear in Richtung ihrer jeweiligen Längsachse A_a , A_i geführt werden und daß die Drehachsen R der Fingerwerkzeuge während der mechanischen Bearbeitung in synchroner und zueinander winkelkonstanter Bewegung so geführt werden, daß eine zwischen den Drehachsen R liegende Symmetrieachse R_s in linearer und/oder schwenkender Bewegung radial zu der jeweiligen Längsachse A_a , A_i geführt wird. Auch hierbei kann zur Steigung der Produktivität vorgesehen werden, daß jeweils zumindest zwei Paare von Kugelbahnen – insbesondere radial einander gegenüberliegende Paare von Kugelbahnen eines Gelenkinnenteils – gleichzeitig bearbeitet werden. Eine solche Bearbeitung von zumindest zwei Paaren ist bei Gelenkaußenteilen aufgrund der räumlichen Verhältnisse eher schwierig.

Im Hinblick auf die Bereitstellung entsprechender Vorrichtung wird vorgeschlagen, daß die rotierenden Fingerwerkzeuge paarweise drehzahlgleich angetrieben werden. Die Drehrichtung kann übereinstimmend oder gegensinnig sein.

Zur Durchführung des erstgenannten Verfahrens wird eine Vorrichtung zur mechanischen Bearbeitung der Kugelbahnen von Gelenkaußenteilen und Gelenkinnenteilen vorgeschlagen, die sich dadurch auszeichnet, daß sie eine Aufspannung für ein Gelenkaußenteil oder ein Gelenkinnenteil aufweist sowie zumindest zwei Scheibenwerkzeuge, deren Drehachsen R zueinander coaxial sind und die die jeweilige Längsachse A_a , A_i des Gelenkaußenteils oder Gelenkinnenteils senkrecht mit Abstand kreuzen. Zur Vereinfachung der Bewegungsabläufe ist hierbei nach einer ersten Ausführungsform vorgesehen, daß die Aufspannung eine Vorschubeinrichtung zum axialen Vorschub in Richtung der jeweiligen Längsachse A_a , A_i aufweist und die Antriebsvorrichtung für die Scheibenwerkzeuge ausschließlich eine Vorschubvorrichtung für einen Vorschub der Scheibenwerkzeuge radial zur jeweiligen Längsachse A_a , A_i aufweist. Nach einer hierzu alternativen Ausführungsform kann vorgesehen werden, daß die Aufspannung eine Vorschubeinrichtung zum axialen Vorschub in

Richtung der jeweiligen Längsachse Aa, Ai aufweist und die Antriebsvorrichtung für die Scheibenwerkzeuge ausschließlich eine Schwenkvorrichtung zum Schwenken der Scheibenwerkzeuge um eine die jeweilige Längsachse Aa, Ai kreuzende Schwenkachse aufweist. In beiden Fällen können die Mittel zur Darstellung der Bewegungsabläufe wesentlich reduziert und damit kostengünstig bereitgestellt werden. Zum Wechsel der Bearbeitung von einem Bahnpaar zum nächsten Bahnpaar ist insbesondere vorgesehen, daß ein Drehantrieb der Aufspannung des Gelenkaußenteils bzw. Gelenkinnenteils zugeordnet ist, während die Werkzeuge in Bezug auf die Längsachse umfangskonstant angeordnet sind.

Es wird weiterhin vorgeschlagen, daß die zumindest zwei Scheibenwerkzeuge einen gemeinsamen Drehantrieb aufweisen. Hierbei kann insbesondere vorgesehen werden, daß die zumindest zwei Scheibenwerkzeuge einstückig miteinander ausgeführt sind.

Zur Durchführung der obengenannten weiteren erfindungsgemäßen Lösungen wird eine Vorrichtung zur mechanischen Bearbeitung der Kugelbahnen von Gelenkaußenteil bzw. Gelenkinnenteil vorgeschlagen, die sich dadurch auszeichnet, daß sie eine Aufspannung für ein Gelenkaußenteil oder ein Gelenkinnenteil aufweist sowie zumindest zwei rotierende Fingerwerkzeuge, deren Drehachsen R parallel zueinander sind und die jeweilige Längsachse Aa, Ai paarweise symmetrisch zueinander mit Abstand kreuzen, bzw. die sich dadurch auszeichnet, daß sie eine Aufspannung für ein Gelenkaußenteil oder ein Gelenkinnenteil aufweist sowie zumindest zwei rotierende Fingerwerkzeuge, deren Drehachsen R miteinander einen festen Winkel bilden und die jeweilige Längsachse Aa, Ai paarweise symmetrisch zueinander mit Abstand kreuzen. Ebenfalls zur besonderen Vereinfachung und Reduzierung der Bewegungsmittel kann hierbei jeweils alternativ vorgesehen werden, daß die Aufspannung eine Vorschubeinrichtung zum axialen Vorschub in Richtung der jeweiligen Längsachse Aa, Ai aufweist und die Antriebsvorrichtung für die Fingerwerkzeuge ausschließlich eine Vorschubvorrichtung für einen Vorschub der Fingerwerkzeuge radial zur jeweiligen Längsachse Aa, Ai aufweist, oder daß die Aufspannung eine Vorschubeinrichtung zum axialen Vorschub in Richtung der jeweiligen Längsachse Aa, Ai aufweist und die Antriebsvorrichtung für die Fingerwerkzeuge ausschließlich eine

Schwenkvorrichtung zum Schwenken der Fingerwerkzeuge um eine die jeweilige Längsachse Aa, Ai kreuzende Schwenkachse aufweist. Eine weitere Vereinfachung kann auch hierin liegen, daß die zumindest zwei Fingerwerkzeuge einen gemeinsamen Drehantrieb aufweisen. Ein solcher gemeinsamer Drehantrieb der Fingerwerkzeuge kann insbesondere ein angetriebenes Stirnrad oder Kegelrad umfassen, die mit Stirnrädern im Eingriff sind, die auf den Werkzeugachsen liegen, fest mit den Fingerwerkzeugen verbunden sind.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahren, in denen erfindungsgemäße Vorrichtungen erkennbar werden, sind in den Zeichnungen dargestellt und werden nachstehend beschrieben.

Figur 1 zeigt ein Verfahren zur mechanischen Bearbeitung von Kugelbahnen in einem Gelenkaußenteil mittels Scheibenwerkzeugen

- a) im Längsschnitt durch die Längsachse des Gelenkaußenteils;
- b) im Querschnitt durch die Längsachse des Gelenkaußenteils;

Figur 2 zeigt ein Verfahren zur mechanischen Bearbeitung von Kugelbahnen in einem Gelenkinnenteil in einer ersten Ausführungsform mittels Scheibenwerkzeugen

- a) im Längsschnitt durch die Längsachse des Gelenkinnenteils;
- b) im Querschnitt durch die Längsachse des Gelenkinnenteils;

Figur 3 zeigt ein Verfahren zur Bearbeitung von Kugelbahnen in einem Gelenkinnenteil im Querschnitt durch die Längsachse des Gelenkinnenteils mittels Scheibenwerkzeugen;

Figur 4 zeigt ein Verfahren zur mechanischen Bearbeitung der Kugelbahnen eines Gelenkaußenteils mittels achsparalleler Fingerwerkzeuge

- a) in einem ersten Längsschnitt durch die Längsachse des Gelenkaußenteils;
- b) in einem dazu senkrechten zweiten Längsschnitt durch die Längsachse des Gelenkaußenteils;

Figur 5 zeigt ein Verfahren zur Bearbeitung der Kugelbahnen eines Gelenkaußenteils mittels einen Winkel einschließender Fingerwerkzeuge in einer ersten Ausführung

5

- a) in einem ersten Längsschnitt durch die Längsachse des Gelenkaußenteils;
- b) in einem dazu senkrechten zweiten Längsschnitt durch die Längsachse des Gelenkaußenteils;

10

Figur 6 zeigt ein Verfahren zur Bearbeitung der Kugelbahnen eines Gelenkaußenteils mittels einen Winkel einschließender Fingerwerkzeuge in der Ausführung nach Figur 5

15

- a) in einem Längsschnitt durch die Längsachse des Gelenkaußenteils;
- b) in axialer Ansicht auf die Längsachse des Gelenkaußenteils;

Figur 7 zeigt ein Verfahren zur Bearbeitung der Kugelbahnen eines Gelenkaußenteils mittels einen Winkel einschließender Fingerwerkzeuge in einer zweiten Ausführung

20

- a) in einem ersten Längsschnitt durch die Längsachse des Gelenkaußenteils;
- b) in einem dazu senkrechten zweiten Längsschnitt durch die Längsachse des Gelenkaußenteils;

25

Figur 8 zeigt ein Verfahren zur Bearbeitung der Kugelbahnen eines Gelenkinnenteils mittels einen Winkel bildender Fingerwerkzeuge mit einer ersten Vorrichtungsausführung im Querschnitt zur Längsachse des Gelenkinnenteils;

30

Figur 9 zeigt ein Verfahren zur Bearbeitung der Kugelbahnen eines Gelenkinnenteils mittels einen Winkel bildender Fingerwerkzeuge mit einer zweiten Vorrichtungsausführung im Querschnitt zur Längsachse des Gelenkinnenteils.

In Figur 1, deren Darstellungen nachfolgend gemeinsam beschrieben werden, ist ein Gelenkaußenteil 11 gezeigt, das für ein sogenanntes Twin Ball Joint vorgesehen ist, in dem über dem Umfang verteilte Kugelbahnen 12₁, 12₂ jeweils paarweise über dem Umfang so ausgebildet sind, daß ihre Bahnmittellinien in paarweise zueinander parallelen Ebenen E₁, E₂; E₃, E₄ verlaufen. Am Gelenkaußenteil 11 ist weiterhin ein Gelenkboden 13 sowie eine Gelenköffnung 14 zu identifizieren. Jeweils zwischen den Kugelbahnen 12₁, 12₂ sind Führungsstege 15₁, 15₂ unterschiedlicher Breite ausgebildet, die Teil einer innenkugelliegenden Führungsfläche für einen Kugelkäfig bilden. Während die Breite der Führungsfläche 15₁ zwischen einem Paar 12₁, 12₂ von Kugelbahnen im wesentlichen in Längsrichtung konstant bleibt, ändert sich die Breite der Führungsfläche 15₂ zwischen verschiedenen Paaren von Kugelbahnen in Längsrichtung, wie an sich bekannt. Anders als bei üblichen Gelenken, bei denen die einzelnen Kugelbahnen in Radialebenen liegen, wodurch sich der Umfangsabstand der einzelnen Kugelbahnen voneinander in Längsrichtung stetig verändert, sind bei den Paaren von Kugelbahnen 12₁, 12₂ eines Gelenks der hiermit beschriebenen Art die Umfangsabstände der Bahnen 12₁, 12₂ eines jeden Bahnpaares in Längsrichtung konstant.

Der beschriebene Verlauf der Kugelbahnen erlaubt die mechanische Bearbeitung in der hier dargestellten Weise mittels Paaren von rotierenden Scheibenwerkzeugen 16₁, 16₂, deren Drehachsen R₁, R₂ koaxial sind und hier in einer gemeinsamen Halterung 17 gehalten sind. Die Halterung 17 ist hier nur teilweise dargestellt, da sie notwendigerweise mit Antriebsmitteln verbunden sein muß, die durch die Gelenköffnung 14 in das Gelenkaußenteil 11 hineinreichen. Der rotierende Antrieb der Scheibenwerkzeuge 16₁, 16₂ kann beispielsweise mittels eines Riementriebes erfolgen. Nach einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird bei der mechanischen Fertigung eines Bahnpaares das Gelenkaußenteil 11 nur auf der Längsachse Aa in Richtung der Achse Z verschoben, während die Halterung 14 dabei eine reine Querbewegung senkrecht zur Längsachse Aa in Richtung der durch einen Doppelfeils gekennzeichneten Achse X ausführt, so daß die Scheibenwerkzeuge 16₁, 16₂ verschoben werden müssen. Nach dem Beenden des mechanischen Bearbeitungsschrittes eines Bahnpaares kann die Halterung 17 soweit radial oder das Gelenkaußenteil 11 soweit axial verschoben werden, daß die Scheibenwerkzeuge vollständig aus dem

entsprechenden Bahnpaar austreten. Danach kann die Aufspannvorrichtung für das Gelenkaußenteil 11, die hier nicht gezeigt ist, um den Teilungswinkel zwischen den Bahnpaaren 12_1 , 12_2 , im vorliegenden Fall also um 90° gedreht werden. Daran kann sich der Vorgang der mechanischen Bearbeitung eines weiteren Bahnpaares anschließen. Dieser Vorgang wird so oft, im vorliegenden Fall viermal wiederholt, bis alle Bahnpaare 12_1 , 12_2 mechanisch bearbeitet sind. Bei dieser mechanischen Bearbeitung kann es sich um Fräsen oder Schleifen handeln.

In Figur 2 ist die mechanische Bearbeitung eines Gelenkinnenteils 21 für ein Gelenk mit paarweise zueinander parallelen Bahnen (Twin Ball Joint) gezeigt, bei dem wiederum Paare von Bahnen 22_1 , 22_2 so ausgeführt sind, daß ihre Mittellinien in zueinander parallelen Ebenen E_1 , E_2 , E_3 , E_4 verlaufen. Auch hier sind zwischen den Bahnen eines Paares Führungsstege 25_1 und den Bahnen zweier benachbarter Paare Führungsstege 25_2 gebildet, die Bestandteile einer außenkugeligen Fläche sind, auf denen ein Kugelkäfig des montierten Kugelgleichlaufdrehgelenks geführt werden kann. Das Gelenkinnenteil 21 hat eine Zentralöffnung 23 mit einer inneren Wellenverzahnung 24 zum Einstecken eines Antriebszapfens. Im Längsschnitt sind durch Pfeilgruppen 28, 29, 30 die Haltekräfte einer Aufspannvorrichtung angedeutet, die in die Öffnung 23 eingreift. Bei der Bearbeitung kann es sich um Fräsen oder Schleifen handeln.

Die vorstehend genannte Gestalt der Bahnpaare 22_1 , 22_2 ermöglicht auch hier die dargestellte bevorzugte Ausführung der mechanischen Bearbeitung, bei der zwei Paare von rotierenden Scheibenwerkzeugen 26_1 , 26_2 und 26_3 , 26_4 in jeweils radial gegenüberliegende Paare von Bahnen 22_1 , 22_2 eingreifen. Der Vorschub des Gelenkinnenteils 21 erfolgt bei dieser Bearbeitung bevorzugt ausschließlich in Richtung der Achse Z, während Halterungen 27_1 , 27_2 für die rotierenden Scheibenwerkzeuge 26_1 , 26_2 ; 26_3 , 26_4 , die entsprechende Antriebsmittel umfassen, sich ausschließlich in X-Richtung senkrecht zur Längsachse A_i des Gelenkinnenteils 21 bewegen. Die Rotationsachsen R_1 , R_2 sowie R_3 , R_4 verlaufen auch hierbei jeweils paarweise coaxial und senkrecht mit Abstand zur Längsachse A_i des Gelenkinnenteils 21. Nach der erfolgten Bearbeitung zweier radial gegenüberliegender Bahnpaare, die in der Darstellung gezeigt ist, sind die rotierenden Scheibenwerkzeuge 26 aus dem Eingriff mit den

Bahnen zu bringen, danach ist die Aufspannung des Gelenkinnenteils 21 um den Teilungswinkel zwischen den einzelnen Bahnpaaren, im vorliegenden Fall einmal um 90° zu drehen, um den Bearbeitungsvorgang an den beiden weiteren Bahnpaaren in gleicher Weise zu wiederholen. Danach ist die Bearbeitung der Kugelbahnen 12 nach Durchführung von nur zwei Bearbeitungsphasen für das gesamte Gelenkinnenteil 21 abgeschlossen. Bei den Bearbeitungsschritten kann es um Fräsen oder Schleifen handeln.

In Figur 3 sind gleiche Einzelheiten wie in Figur 2 mit gleichen Bezugsziffern belegt. Auf die vorangehende Beschreibung kann insoweit Bezug genommen werden. Das erfindungsgemäße Verfahren zur mechanischen Bearbeitung von Bahnpaaren findet hierbei zeitgleich an allen vier vorhandenen Bahnpaaren der Kugelbahnen 22₁, 22₂ statt. Hierzu umfaßt die eingesetzte Vorrichtung zusätzlich zu den Halterungen und Antriebsvorrichtungen 27₁, 27₂ für die Paare von rotierenden Werkzeugen 26₁, 26₂, 26₃, 26₄ noch zwei weitere Halterungen und Antriebsvorrichtungen 27₃, 27₄ mit weiteren Paaren von rotierenden Scheibenwerkzeugen 26₅, 26₆, 26₇, 26₈. Die entsprechenden Drehachsen dieser zusätzlichen Halterungen und Antriebsmittel sind mit R₅, R₆ und R₇, R₈ bezeichnet. Die Aufspannung für das Gelenkinnenteil 21 kann bei einer Vorrichtung dieser Art auf Drehantriebsmittel verzichten. Die Bearbeitung sämtlicher Kugelbahnen 22₁, 22₂ des Gelenkinnenteils 21 umfaßt in dieser Ausführungsform eine einzige Arbeitsphase. Gleichzeitig zur Vorschubbewegung des Gelenkinnenteils 11 auf der Längsachse A_i werden bei der Fertigung der Bahnpaare 22 die Halterungen 27₁, 27₂ und 27₃, 27₄ senkrecht zur Längsachse A_i bewegt, was hier durch die Doppelpfeile X₁, X₂ und X₃, X₄ dargestellt ist.

In Figur 4 ist ein Gelenkaußenteil nach Figur 1 während der Bearbeitung von Kugelbahnen 12 mittels achsparallelen Fingerwerkzeugen gezeigt. Gleiche Einzelheiten des Gelenkaußenteils 11 sind mit gleichen Bezugsziffern wie in Figur 1 belegt. Auf die Beschreibung kann insoweit Bezug genommen werden. Für die Bearbeitung jeweils eines Paares von Kugelbahnen 12₁, 12₂ ist ein Paar von rotierenden Fingerwerkzeugen 36₁, 36₂ vorgesehen, die in einer gemeinsamen Halterung und Antriebsvorrichtung 37 aufgenommen sind und deren Rotationsachsen R₁₁, R₁₂ parallel zueinander liegen. Um den gesamten Bahnverlauf des Bahnpaares durch die Öffnung

14 des Gelenkaußenteils 11 hindurchgreifend abfahren zu können, bildet eine Symmetrieachse R_s zwischen den Achsen R_{11} und R_{12} hierbei einen spitzen Winkel mit der Längsachse A_a des Gelenkaußenteils 11. Der Vorschub der Aufspannvorrichtung für das Gelenkaußenteil 11 ist durch den Doppelpfeil Z symbolisiert. Für die
 5 gleichzeitige Vorschubbewegung der Halterung 37 steht ein senkrecht zur Längsachse A_a verlaufender Doppelpfeil X . Anstelle dieser letztgenannten Vorschubmöglichkeit oder zusätzlich dazu, kann auch ein Schwenkantrieb für die Halterung 37 treten, mit der sich der Winkel zwischen der Symmetrieachse R_s und der Längsachse A_a nach Darstellung b stufenlos verändern läßt. Der Bearbeitung eines Bahnpaares
 10 in der hier gezeigten Art ist das Paar von Fingerwerkzeugen 36_1 , 36_2 aus dem Eingriff mit dem entsprechenden Bahnpaar 12_1 , 12_2 zu bringen und die Aufspannung des Gelenkaußenteils 11 oder die Halterung und Antriebsvorrichtung 37 der Fingerwerkzeuge 36_1 , 36_2 um den Teilungswinkel der Bahnpaare, also um 90° , um die Längsachse A_a zu verdrehen. Bevorzugt ist hierbei die Drehbarkeit der Aufspannung
 15 des Gelenkaußenteils 11.

In Figur 5 ist ein weiteres Verfahren und eine Vorrichtung zur Bearbeitung der Kugelbahnen 12 eines Gelenkaußenteils 11 gezeigt, wobei die Fingerwerkzeuge $36_1'$, $36_2'$ in einer gemeinsamen Halterung 37' gehalten sind und deren Rotationsachsen R_{11}' ,
 20 R_{12}' einen Winkel miteinander einschließen. Dieser ist so spitz zu wählen, daß die Fingerwerkzeuge $36_1'$, $36_2'$ durch die Öffnung 14 des Gelenkaußenteils 11 hindurchgreifend die gesamte Längserstreckung der Kugelbahnen 12_1 , 12_2 abfahren können. Bezüglich der weiteren Einzelheiten des Gelenkaußenteils 11 wird auf die Beschreibung der Figur 1 Bezug genommen. Die Fingerwerkzeuge können über ein Kegelrad
 25 38 gemeinsam angetrieben werden, dessen Drehachse auf der Symmetrieachse R_s' zwischen den beiden Drehachsen R_{11}' , R_{12}' der beiden Fingerwerkzeugen $36_1'$, $36_2'$ liegt. Zur Bearbeitung kann wie mehrfach beschrieben das Gelenkaußenteil 11 in Richtung des Doppelpfeils Z längs einer Längsachse A_a verfahren werden, während die Halterung 37' in Richtung des Doppelpfeils X radial zur Längsachse A_a verfahren
 30 wird. Jeweils nach der Bearbeitung eines Bahnpaares 12_1 , 12_2 werden die Fingerwerkzeuge aus dem Eingriff mit dem entsprechenden Bahnpaar gebracht und das Gelenkaußenteil 11 und die Halterung 37' um einen Teilungswinkel zwischen den Bahnpaaren 12_1 , 12_2 relativ zueinander verdreht, in vorliegenden Fall also um 90° .

Bevorzugt und leichter auszuführen ist ein Drehantrieb für die Aufspannung des Gelenkaußenteils 11. Bei den Bearbeitungsschritten kann es sich um Fräsen oder Schleifen handeln.

5 In Figur 6 ist die Vorrichtung nach Figur 5 in Anwendung eines abgewandelten Verfahrens zur Bearbeitung der Kugelbahnen 12 eines Gelenkaußenteils 11 gezeigt, wobei die Fingerwerkzeuge $36_1'$, $36_2'$ in einer gemeinsamen Halterung 37' gehalten sind und deren Rotationsachsen R_{11}' , R_{12}' einen Winkel miteinander einschließen. Dieser ist so spitz zu wählen, daß die Fingerwerkzeuge $36_1'$, $36_2'$ durch die Öffnung
 10 14 des Gelenkaußenteils 11 hindurchgreifend die gesamte Längserstreckung der Kugelbahnen 12_1 , 12_2 abfahren können. Bezüglich der weiteren Einzelheiten des Gelenkaußenteils 11 wird auf die Beschreibung der Figur 5 Bezug genommen. Die Fingerwerkzeuge können über ein Kegelrad 38 gemeinsam angetrieben werden, dessen Drehachse auf der Symmetrieachse Rs' zwischen den beiden Drehachsen
 15 R_{11}' , R_{12}' der beiden Fingerwerkzeugen $36_1'$, $36_2'$ liegt. Zur Bearbeitung kann hier nach das Gelenkaußenteil 11 in Richtung des Doppelpfeils Z längs einer Längsachse Aa verfahren werden und zusätzlich um eine Querachse Aq verdreht werden. Jeweils nach der Bearbeitung eines Bahnpaars 12_1 , 12_2 werden die Fingerwerkzeuge aus dem Eingriff mit dem entsprechenden Bahnpaar gebracht und das Gelenkaußenteil
 20 11 und die Halterung 37' um einen Teilungswinkel zwischen den Bahnpaaren 12_1 , 12_2 relativ zueinander verdreht, im vorliegenden Fall also um 90° .

In Figur 7 ist ein weiteres Verfahren und eine Vorrichtung zur Bearbeitung der Kugelbahnen 12 eines Gelenkaußenteils 11 gezeigt, wobei vier Fingerwerkzeuge $36_1''$,
 25 $36_2''$, $36_3''$, $36_4''$ in einer gemeinsamen Halterung 37'' gehalten sind, deren Rotationsachsen jeweils gleiche Winkel mit einer Symmetrieachse Rs'' einschließen. Diese sind so spitz zu wählen, daß die Fingerwerkzeuge $36_1''$, $36_2''$, $36_3''$, $36_4''$ durch die Öffnung 14 des Gelenkaußenteils 11 hindurchgreifend die gesamte Längserstreckung der jeweiligen Kugelbahnen abfahren können. Bezüglich der weiteren Einzelheiten des Gelenkaußenteils 11 wird auf die Beschreibung der Figur 1 Bezug ge-
 30 nommen. Die Fingerwerkzeuge können über ein Kegelrad 38 gemeinsam angetrieben werden, dessen Drehachse auf der Symmetrieachse Rs'' liegt. Zur Bearbeitung kann wie mehrfach beschrieben das Gelenkaußenteil 11 längs seiner Längsachse

Aa verfahren werden, während die Halterung 37" radial zur Längsachse Aa verfahren wird. Jeweils nach der Bearbeitung von zwei Bahnpaaren werden die Fingerwerkzeuge aus dem Eingriff mit dem zuletzt bearbeiteten Bahnpaar gebracht und das Gelenkaußenteil 11 und die Halterung 37" um einen Teilungswinkel zwischen den Bahnpaaren relativ zueinander verdreht, im vorliegenden Fall also um 90° .

In Figur 8 ist ein Verfahren zur Bearbeitung der Bahnpaare der Kugelbahnen 22 eines Gelenkinnenteils 21 gezeigt, dessen Einzelheiten in gleicher Weise bezeichnet sind wie in Figur 2. Auf die dortige Beschreibung wird Bezug genommen. Zur Bearbeitung der Bahnpaare 22₁, 22₂ sind hierbei zwei Fingerwerkzeuge 46₁, 46₂ vorgesehen, die jeweils in unabhängigen Halterungen und Drehantriebsvorrichtungen 47₁, 47₂ aufgenommen sind. Die Rotationsachsen R_{11}' , R_{12}' der rotierend antreibbaren Fingerwerkzeuge 46₁, 46₂ bilden hierbei wieder einen Winkel miteinander, der vorzugsweise während des gesamten Verfahrens konstant gehalten wird. Die Bewegungsabläufe während der mechanischen Bearbeitung eines Bahnpaares 22₁, 22₂ laufen bevorzugt derart, daß das Gelenkinnenteil 21 in Richtung seiner Längsachse A_i , also der wiederholt bezeichneten Z-Richtung, rein axial verfahren wird, während die Vorrichtungen 47₁, 47₂ in X-Richtung, d. h. radial zur Längsachse A_i , in Richtung der Symmetrieachse R_s' der beiden Drehachsen R_{11}' und R_{12}' verfahren werden. Nach dem Abschluß der mechanischen Bearbeitung eines Bahnpaares 22₁, 22₂ werden die rotierenden Fingerwerkzeuge 46₁, 46₂ außer Eingriff mit dem bearbeitenden Bahnpaar gebracht und die Aufspannung für das Gelenkinnenteil 21 um den Teilungswinkel zwischen den einzelnen Bahnpaaren, im vorliegenden Fall also um 90° verdreht. Danach wird die Verfahrensdurchführung wiederholt, insgesamt für die gezeigten vier Bahnpaare viermal in gleicher Weise.

In Figur 9 ist ein Verfahren zur Bearbeitung der Kugelbahnen 22 eines Gelenkinnenteils 21 in weitgehend übereinstimmender Weise wie in Figur 6 gezeigt. Auf die Zeichnung des Gelenkinnenteils und die Beschreibung der Verfahrensdurchführung wird insoweit Bezug genommen. Abweichend von Figur 6 sind hierbei jedoch zwei Fingerwerkzeuge 46₁, 46₂ in einer gemeinsamen Halterung 47 aufgenommen, die ein Kegelrad 48 umfaßt, das einen gemeinsamen Antrieb für die rotierenden Fingerwerkzeuge 46₁, 46₂ bildet. Die Drehachsen R_{11}' , R_{12}' der Fingerwerkzeuge 46₁, 46₂

bilden auch hier einen Winkel miteinander. Die bevorzugte Bewegung von Gelenkinnenteil 21 und Werkzeugen zueinander erfolgt in der Art, daß Gelenkinnenteil 21 ausschließlich in Richtung seiner Längsachse A_i , also in Z-Richtung, verschoben wird, während die Werkzeuge radial zur Z-Richtung in Richtung des Doppelpfeils X bzw. in Richtung der Symmetrieachse R_s' zwischen den Drehachsen R_{11}' und R_{12}' verschoben wird.

Verfahren zur Bearbeitung von Gelenkbauteilen mit zueinander parallelen
Bahnpaaren

Bezugszeichenliste

11	Gelenkaußenteil
12, 22	Kugelbahn
13	Gelenkboden
14	Gelenköffnung
15, 25	Führungssteg
16, 26	Scheibenwerkzeug
17, 27	Halterung / Antriebsvorrichtung
21	Gelenkinnenteil
23	Öffnung
24	Verzahnung
36, 46	Fingerwerkzeug
37, 47	Halterung / Antriebsvorrichtung
38, 48	Kegelrad
A	Längsachse
E	Ebene
R	Drehachse
R _s	Symmetrieachse

Verfahren zur Bearbeitung von Gelenkbauteilen mit zueinander parallelen
Bahnpaaren

Zusammenfassung

Verfahren zur mechanischen Bearbeitung von Gelenkaußenteilen 11 und Gelenk-
innenteilen von Kugelgleichlaufdrehgelenken, die jeweils eine Längsachse und eine
5 Anzahl von Kugelbahnen 12 aufweisen, wobei die Kugelbahnen jeweils über dem
Umfang in Paaren 12_1 , 12_2 angeordnet sind, deren Bahnmittellinien in zueinander
parallelen Ebenen E_1 , E_2 , E_3 , E_4 liegen, wobei jeweils die Paare von Kugelbahnen 12
mit rotierenden Scheibenwerkzeugen 16 bearbeitet werden, deren Drehachsen R die
10 jeweilige Längsachse senkrecht mit Abstand kreuzen und coaxial zueinander gehalten
und geführt werden.

Figur 1

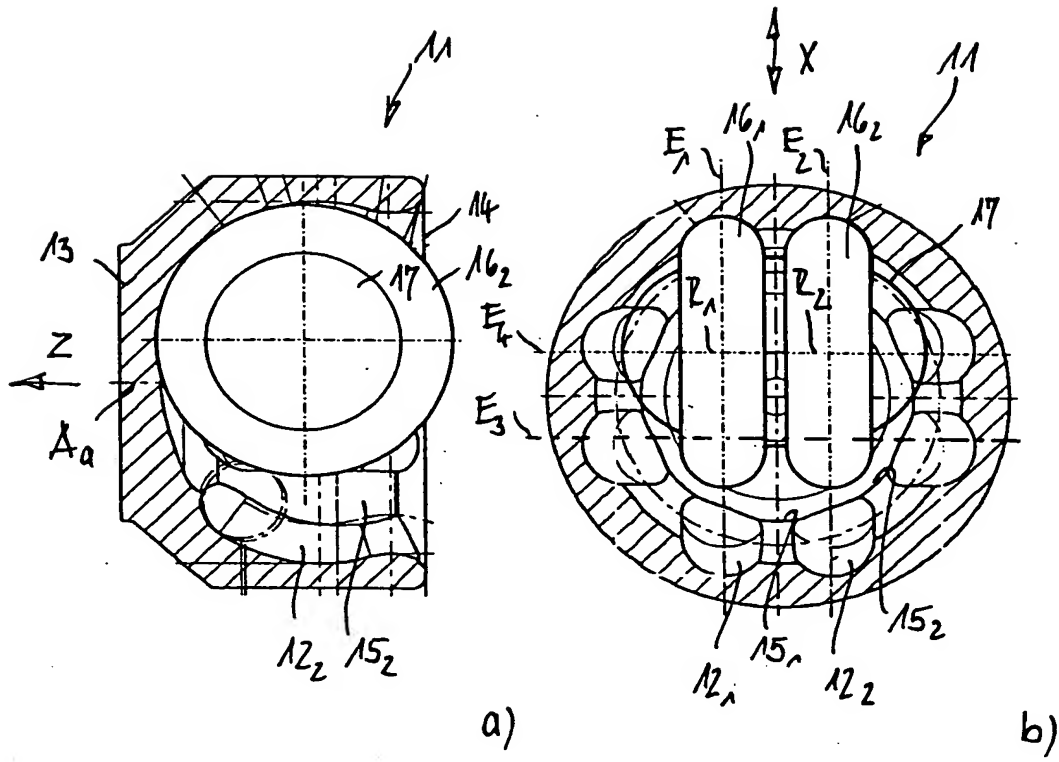


FIG. 1

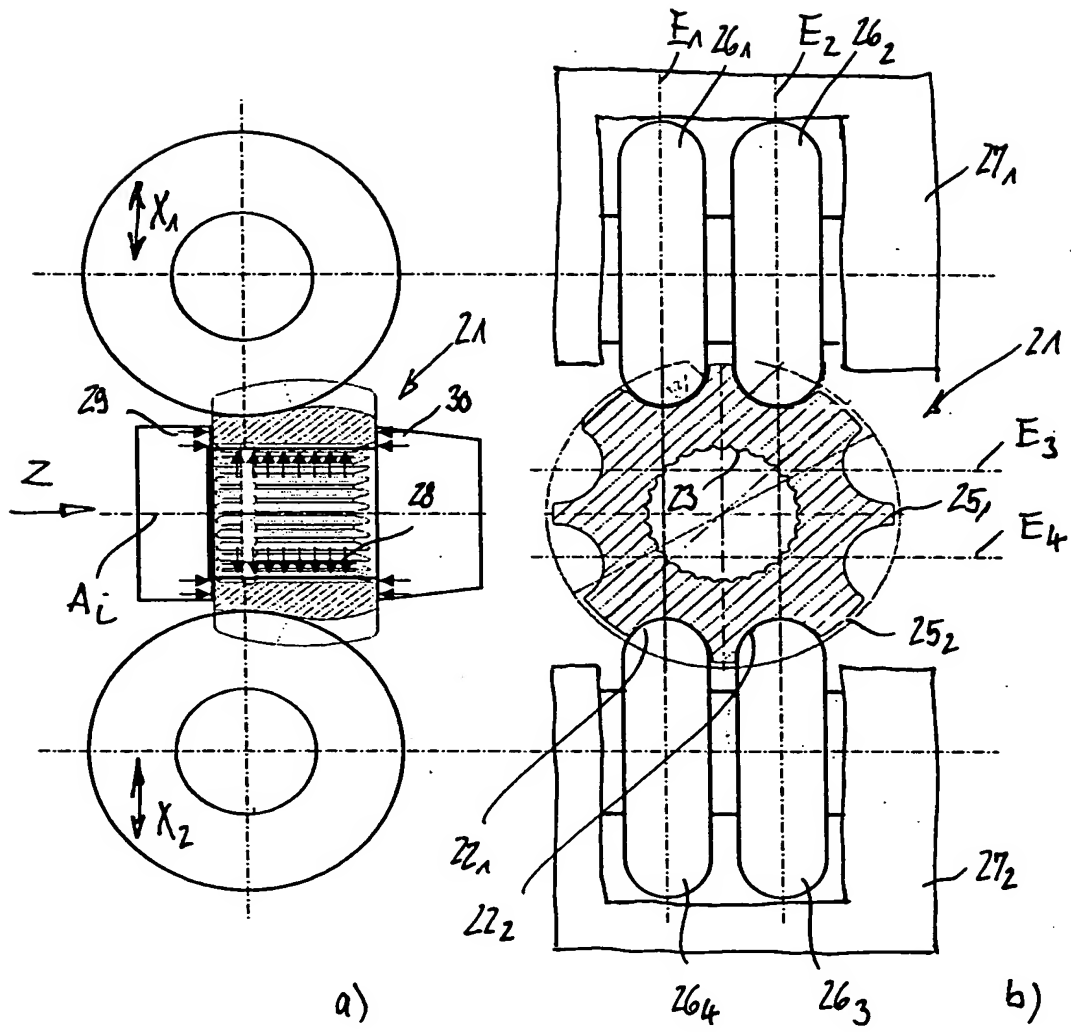


FIG. 2

FIG. 3

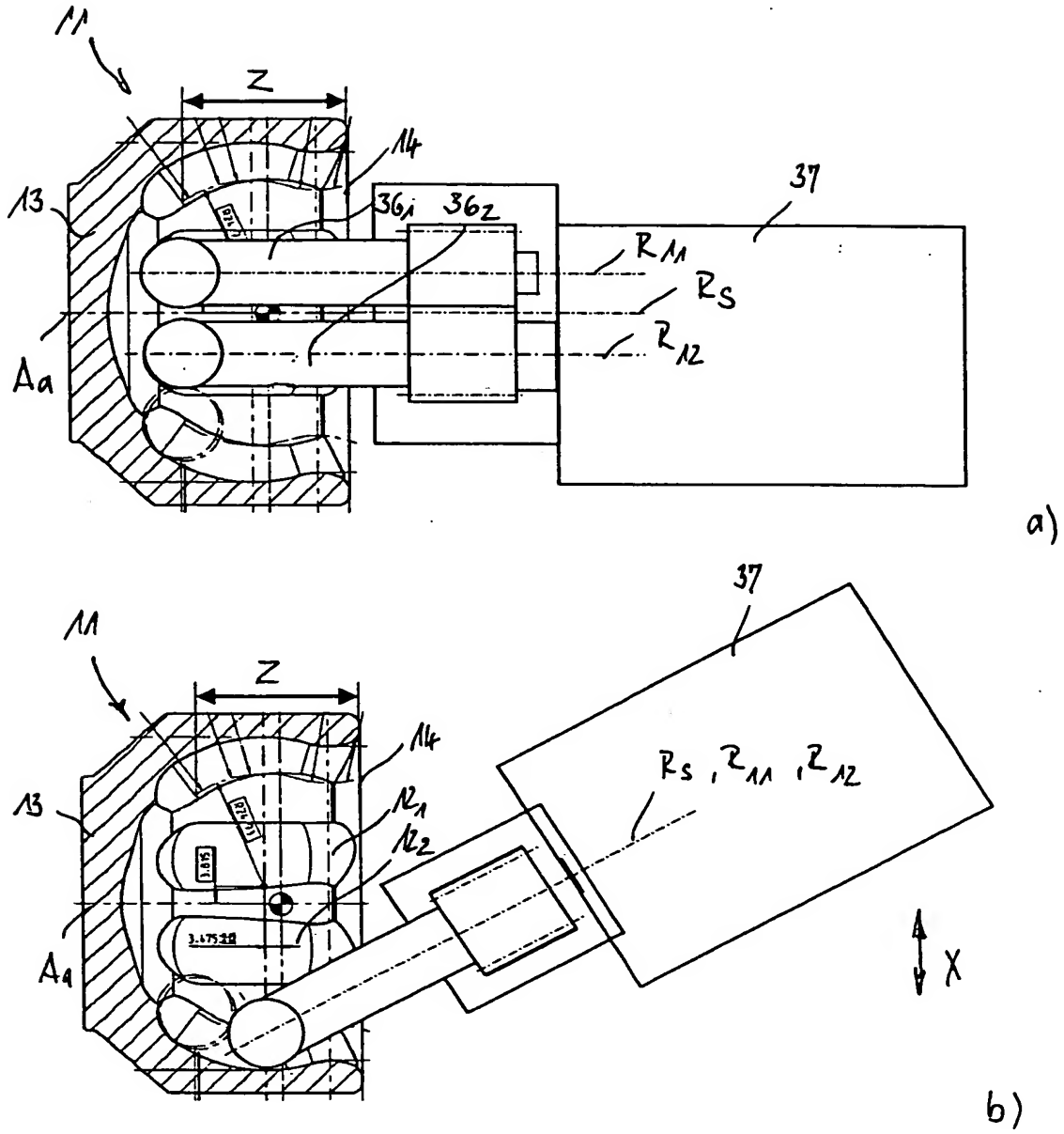
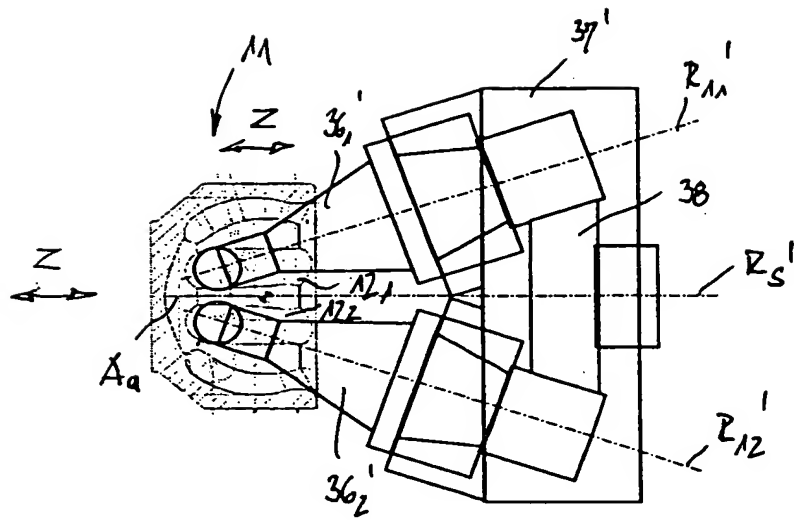
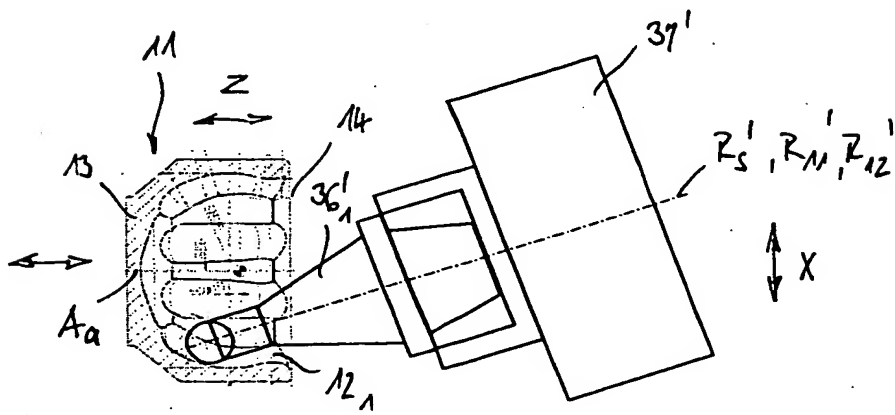


FIG. 4



a)



b)

FIG. 5

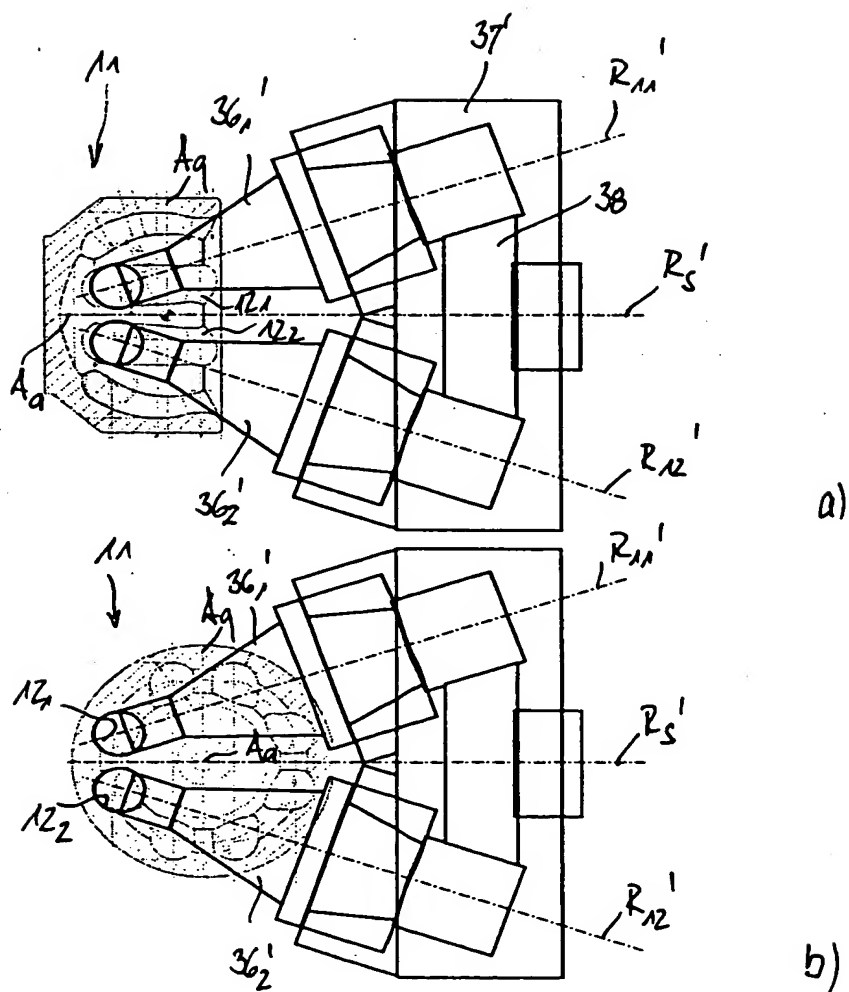


FIG. 6

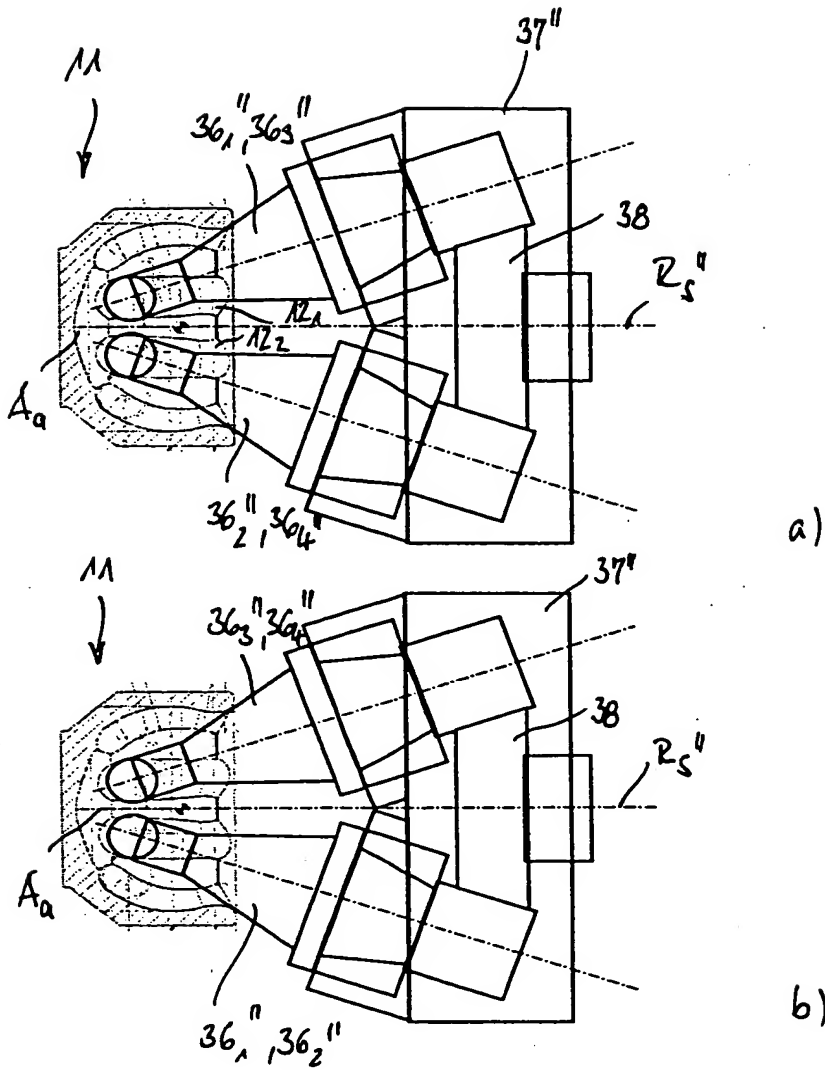


FIG. 7

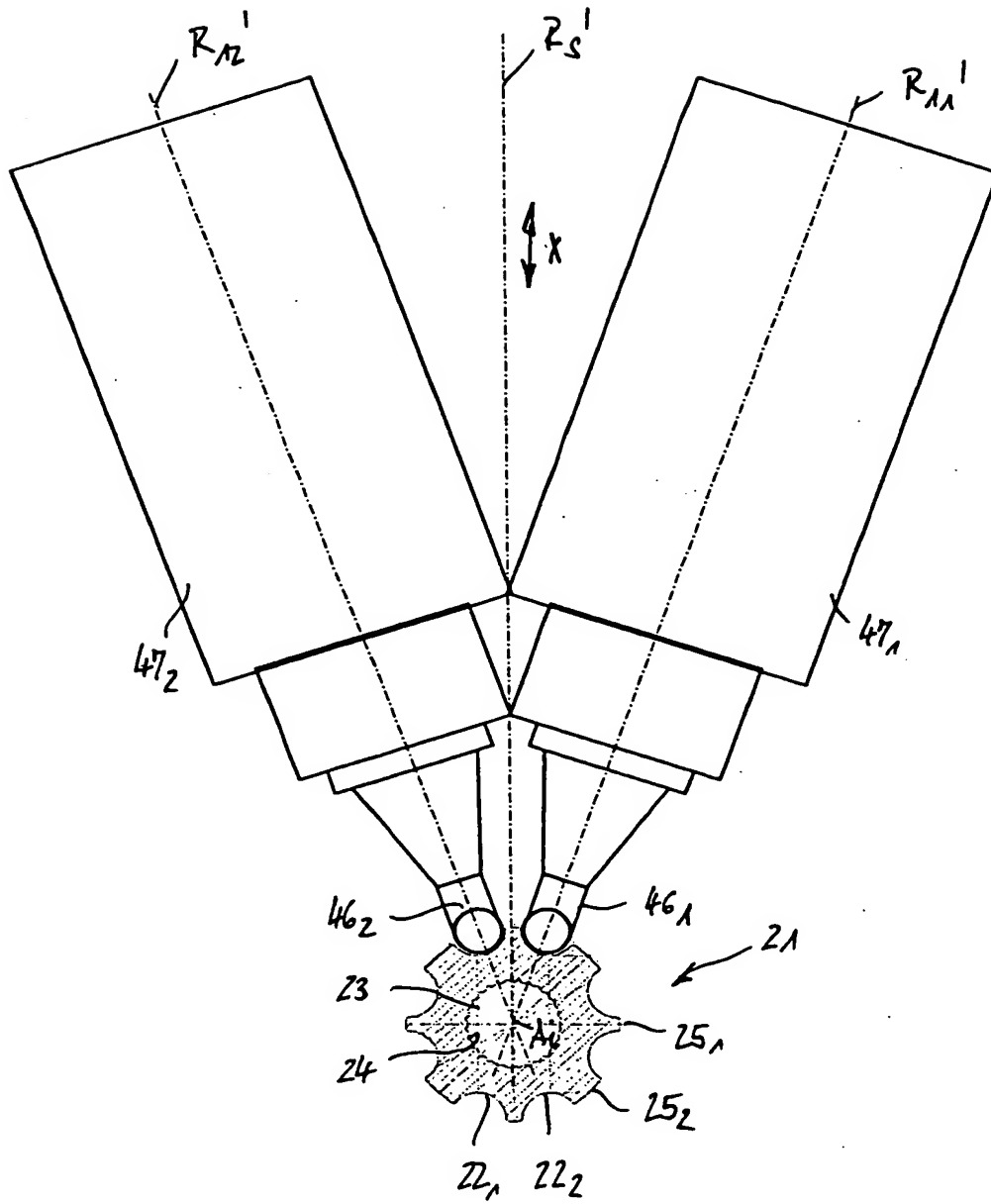


FIG. 8

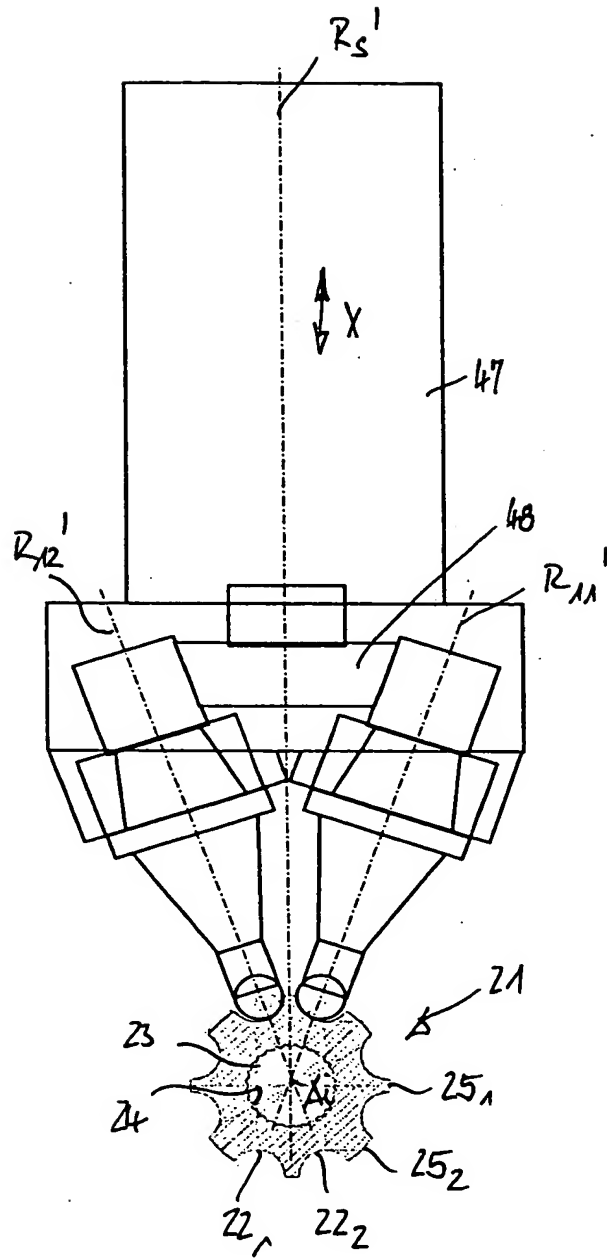


FIG. 9